

BENUTZERHANDBUCH

UG011 | Wärmeleitfähiges Füllstoffpolster – WE-TGF

Sebastian Mirasol-Menacho



1. EINFÜHRUNG ZU WE-TGF

Elastomerpads gehören zu den am häufigsten verwendeten Wärmemanagementlösungen in modernen Elektronikdesigns. Aufgrund der mechanischen Werkstoffeigenschaften und der Vielseitigkeit in Bezug auf die Wärmeleitfähigkeit werden die Pads aus silikonbasierten oder silikonfreien Materialien hergestellt. Im Gegensatz zu herkömmlichen thermischen Grenzflächenmaterialien (Thermal Interface Materials, TIM) wie Pasten und Fetten sind Elastomerpads weich, nachgiebig und formbar. Dadurch eignen sie sich ideal für Anwendungen, bei denen es zu Abweichungen in der Bauteilhöhe kommt, oder unregelmäßige Oberflächen auftreten. Ihre einzigartigen Eigenschaften ermöglichen eine effiziente Wärmeübertragung zwischen elektronischen Bauteilen und Kühlkörpern oder anderen Kühlelementen. Durch ihre Fähigkeit, auch mikroskopisch kleine Spalten und Unregelmäßigkeiten zwischen den Oberflächen auszufüllen, verbessern diese Pads die Wärmeleitfähigkeit und sorgen so für eine optimale Wärmeableitung und dementsprechend für eine lange Lebensdauer und hohe Zuverlässigkeit elektronischer Geräte.

Das **WE-TGF** ist darauf ausgelegt, einem weiten Temperaturbereich standzuhalten, und zeichnet sich durch hohe elektrische Isolierfähigkeit aus. Dadurch eignet es sich für elektronische Geräte sowohl mit geringer als auch mit hoher Leistung. Die elastomere Beschaffenheit des Pads kann auch bei Anwendungen zur Schwingungsdämpfung unterstützend wirken. Darüber hinaus ermöglicht seine inhärente Elastizität einen gleichmäßigen Anpressdruck auch in dynamischen Wärmeumgebungen und gewährleistet so eine kontinuierliche und effektive Wärmeleitung.

2. MATERIALSPEZIFIKATIONEN

Das Pad selbst besteht im Wesentlichen aus drei Komponenten, wie in Abbildung 1 dargestellt.

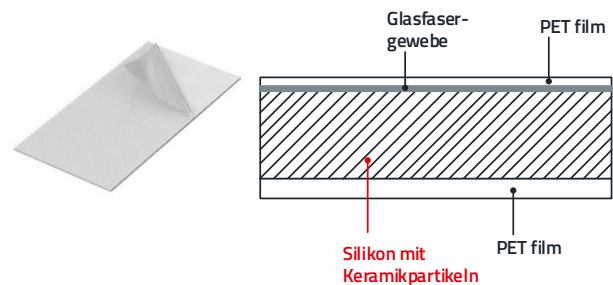


Abbildung 1: WE-TGF-Querschnitt.

- **PET-Folie:**

Das WE-TGF wird durch zwei PET-Folien geschützt. Die Folie auf der Unterseite ist stärker und dient als Träger, während die auf der oberen Seite verhindert, dass Fremdkörper an der klebrigen Oberfläche des Pads haften bleiben. Diese Folienschichten sind beim Anbringen der Teile zu entfernen.

- **Wärmeleitendes Elastomer:**

Die elastomere Beschaffenheit des Pads ermöglicht es ihm, sich leicht an Kontaktflächen anzupassen, Spalten zu füllen und Lufteinschlüsse zu vermeiden. Zur Herstellung des Hauptteils des Produkts wird Silikon oder – für silikonfreie Anwendungen – Vinyl verwendet. Dieses wird zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit mit Keramikpartikeln versetzt.

- **Glasfasergeflecht:**

Pads mit einer Stärke von unter 2 mm verfügen über eine Schicht aus Glasfasergewebe, die dem Produkt bei Druckausübung mechanische Stabilität verleiht. Diese zusätzliche Schicht hat einen geringfügigen Einfluss auf die Wärmeleistung. Mehr dazu wird in Kapitel 3 genauer erläutert.

Das WE-TGF hat keine Haftschrift, da es aufgrund seiner Oberflächenbenetzung von Natur aus klebrig ist. Das Pad ist dafür vorgesehen, zwischen zwei Oberflächen zusammengedrückt zu werden. Die Klebrigkeit reicht aus, um das Pad während der Montage in Position zu halten. Es ist allerdings nicht dafür ausgelegt, die Kühlbaugruppe eigenständig an Ort und Stelle zu halten.

Die Eigenschaften der WE-TGF-Elastomer pads lassen sich in drei Kategorien einteilen: Werkstoffeigenschaften sowie thermische und elektrische Eigenschaften. Diese sind in Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgeführt.

Weitere Informationen zur Wärmeleistung finden Sie in Kapitel A.1.

Materialeigenschaften						
Wärmeleitfähigkeit	1 W/m·K	2 W/m·K	3 W/m·K	4 W/m·K	5 W/m·K	6 W/m·K
Farbe	Hellgrau	Hellblau	Blau	Lila	Weiß	Grau
Stärke	0,5 – 18 mm	0,5 – 18 mm	0,5 – 18 mm	0,5 – 4 mm	0,5 – 3 mm	0,5 – 3 mm
Spezifisches Gewicht	2,35 g/cm ³	2,8 g/cm ³	3,01 g/cm ³	3,12 g/cm ³	3,2 g/cm ³	3,2 g/cm ³
Härte (5 mm Padstärke)	45 Shore 00	45 Shore 00	35 Shore 00	60 Shore 00	60 Shore 00	75 Shore 00
Temperatur	–50 bis +180 °C	–50 bis +180 °C	–50 bis +180 °C	–50 bis +180 °C	–50 bis +150 °C	–50 bis +150 °C
Dehnung	≥ 80 %	≥ 70 %	≥ 60 %	≥ 60 %	≥ 60 %	≥ 50 %
Zugfestigkeit	> 0,3 MPa	> 0,25 MPa	> 0,15 MPa	> 0,15 MPa	> 0,15 MPa	> 0,15 MPa
Kompressionsverhältnis @ 35,5 N/cm ²	≥ 25 %	≥ 25 %	≥ 20 %	≥ 15 %	≥ 15 %	≥ 15 %

Tabelle 1: Materialeigenschaften von WE-TGF.

Thermische Eigenschaften						
Wärmeleitfähigkeit	1 W/m·K	2 W/m·K	3 W/m·K	4 W/m·K	5 W/m·K	6 W/m·K
Wärmeimpedanz (Ursprüngliche Stärke des Pads von 2 mm @ 17,25 N/cm ²)	17 K·cm ² /W	7,7 K·cm ² /W	4,9 K·cm ² /W	4,7 K·cm ² /W	2,7 K·cm ² /W	1,6 K·cm ² /W

Tabelle 2: Thermische Eigenschaften von WE-TGF.

Elektrische Eigenschaften						
Wärmeleitfähigkeit	1 W/m·K	2 W/m·K	3 W/m·K	4 W/m·K	5 W/m·K	6 W/m·K
Durchschlagsspannung	8 kV/mm	8 kV/mm	8 kV/mm	8 kV/mm	5 kV/mm	3 kV/mm
Spezifischer Durchgangswiderstand	10 ¹⁰ Ω·cm	10 ¹⁰ Ω·cm	10 ¹⁰ Ω·cm	10 ¹⁰ Ω·cm	10 ¹⁰ Ω·cm	10 ¹⁰ Ω·cm
Dielektrizitätskonstante	7,8	11	13	13	13	13

Tabelle 3: Elektrische Eigenschaften von WE-TGF.

3. KONSTRUKTIONSÜBERLEGUNGEN

3.1 Auswählen der passenden Stärke

Die Auswahl der geeigneten Stärke und Größe von Pads aus Silikonelastomer ist ein entscheidender Designaspekt. Die Pad Dicke hat einen erheblichen Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit und die Gesamtwärmeleistung. Dickere Pads bieten zwar eine weichere und nachgiebigere Oberfläche, aber mit der Stärke steigt auch der Wärmewiderstand. Dünnere Pads hingegen sind ideal für Situationen, in denen nur ein minimaler Wärmewiderstand erforderlich ist. Entwickler müssen bei der Auswahl der geeigneten Stärke die konkreten Anforderungen ihrer Anwendung berücksichtigen, wie z. B. den verfügbaren Platz, den Wärmeableitungsbedarf und die Druckbeschränkungen.

In Abbildung 2 können wir gut sehen, wie sich die Stärke auf die Leistungsfähigkeit des Pads auswirkt. Die Balkengrafik zeigt die Thermische Impedanz von WE-TGF mit $3 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ verschiedener Stärke unter einer Druckkraft von $6,9 \text{ N/cm}^2$.

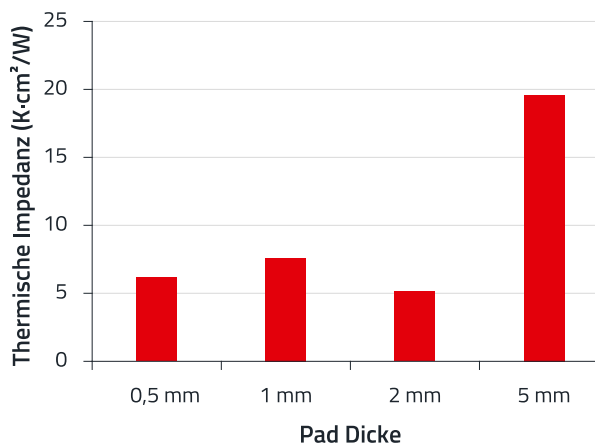


Abbildung 2: Wärmeleitwiderstand vs. Padstärke.

In der Grafik zeigt sich auch die Wirkung der Glasfaserverstärkung. Diese Verstärkung gilt als Standard und wird für alle Pads mit einer Dicke von unter 2 mm empfohlen. Sie soll dazu beitragen, dass das Pad seine mechanische Struktur unter Druck beibehält, hat jedoch den Nachteil einer geringfügig höheren thermischen Impedanz.

3.2 Empfehlungen für Form und Abmessungen von Pads

Um die richtige Größe des Pads zu bestimmen, muss die Kontaktfläche zwischen dem elektronischen Bauteil und dem Kühlkörper gemessen werden. Die Gewährleistung einer vollständigen Abdeckung bei gleichzeitiger Vermeidung

unnötiger Materialvergeudung ist ausschlaggebend für eine kostengünstige und effiziente Wärmelösung.

Form und Abmessungen der Silikonelastomerpads sollten zur Geometrie der Wärmequelle passen. Ganz gleich, ob die Bauteile unregelmäßige oder aber standardisierte Formen aufweisen, gewährleistet die Anpassung der Padform an die Bauteilkonturen eine kostengünstige Lösung, da Materialverschwendung vermieden wird. Schließlich sollten Sie berücksichtigen, dass die Pads eine gute Through-Plane-Wärmeleitfähigkeit aufweisen, während die In-Plane-Wärmeleitfähigkeit schlechter ist.

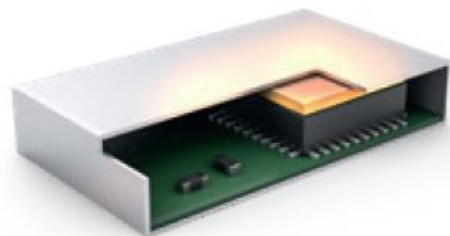


Abbildung 3: Funktionalität eines Spaltfüllers auf einem IC.

Dank der nicht leitenden elektrischen Eigenschaften des Elastomers ist auch die gleichzeitige Abdeckung mehrerer Bauteile möglich. Dies ist zwar nicht die kostengünstigste Lösung, kann aber die Gerätemontage vereinfachen.

Bei Anwendungen, bei denen es beispielsweise Höhenunterschiede zwischen den Bauteilen gibt, sollten Pads mit größerer Stärke und weicherer Beschaffenheit eingesetzt werden, um eine homogene Druckverteilung zu gewährleisten. Durch die Anpassung von Form und Abmessungen der Silikonelastomerpads an die spezifischen Anforderungen der Anwendung können Entwickler den Wärmekontakt optimieren und den Wirkungsgrad der Wärmeübertragung maximieren.

3.3 Gestalten mit WE-TGF

In diesem Abschnitt werden wir Schritt für Schritt beschreiben, wie Sie das WE-TGF als thermisches Grenzflächenmaterial in Ihren eigenen Designs einsetzen.

Thermische Anforderungen ermitteln

Der erste Schritt bei der thermischen Konstruktion besteht darin, die Anforderungen an die Wärmeableitung der Bauteile in Ihrer Anwendung zu bestimmen. Dazu gehören die Nennleistungen, die maximalen Betriebstemperaturen und die endgültige Umgebungstemperatur. Wenn Sie diese Daten in einer Tabelle erfassen, wie in Tabelle 4 dargestellt, können Sie verschiedene Fallszenarien definieren und Ihr Wärmebudget

ermitteln. Man sollte dabei stets vom ungünstigsten Fall ausgehen.

	Szenario 1		Szenario 2	
	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil A	Bauteil B
Fläche	600 mm²			
Wärmeverluste	1,5 W	1,5 W	2 W	2,5 W
R _{thJC}	1 K/W	1 K/W	1 K/W	1 K/W
T _A	40 °C		45 °C	
T _{J MAX}	120 °C			
Luftdurchsatz	400 FPM		350 FPM	

R_{thJC} = Wärmewiderstand zwischen Sperrschicht und Gehäuse, T_A = Umgebungstemperatur, T_{J MAX} = Max. Übergangstemperatur.

Tabelle 4: Vergleich verschiedener Anforderungen beim Wärmemanagement.

In diesem Beispiel ist Szenario 2 das ungünstigste Szenario, da beide Bauteile unter höherer Last laufen und die erwartete Umgebungstemperatur höher ist. In diesem Beispiel liegt der Schwerpunkt auf Bauteil B.

Thermische Modellierung

Wärme wird immer von hohen zu niedrigen Temperaturen übertragen. In unserem Kontext fließt sie vom heißen Bauteil in die Luft, die die Kühlbaugruppe umgibt und üblicherweise als Umgebungstemperatur definiert wird. Alles dazwischen erhöht den Widerstand gegen den Wärmefluss, und wo es einen Widerstand gibt, gibt es auch eine erhöhte Temperatur.

Inzwischen ist Ihnen wahrscheinlich klar, dass thermische Systeme dem Ohmschen Gesetz entsprechen. Diese Analogie wird in Abbildung 4 veranschaulicht.

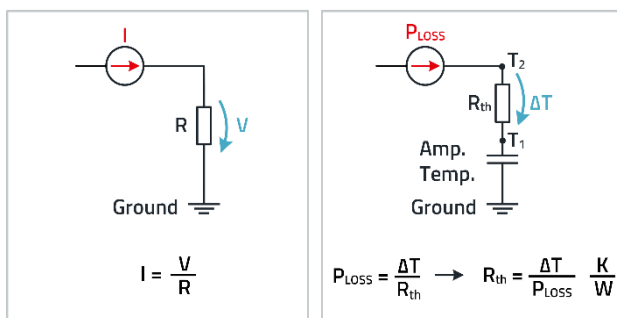


Abbildung 4: Elektrische Analogie von Systemen.

Natürlich handelt es sich hierbei um eine vereinfachte und eindimensionale Analyse, aber oft reicht sie aus, um Ihr Designkonzept zu validieren. Sie können es detaillierter gestalten, indem Sie zusätzliche Wärmeflusspfade einbeziehen, wie z. B. Emissionen und Gehäusekonvektion (vgl. Abbildung 5). Wenn Ihre Konstruktion eine Schaltkomponente umfasst, kann eine Zeitbereichsanalyse durchgeführt werden.

Hierzu werden Wärmekapazitäten hinzugefügt, wie sie in den Wärmemodellen von Foster oder Cauer berücksichtigt werden.

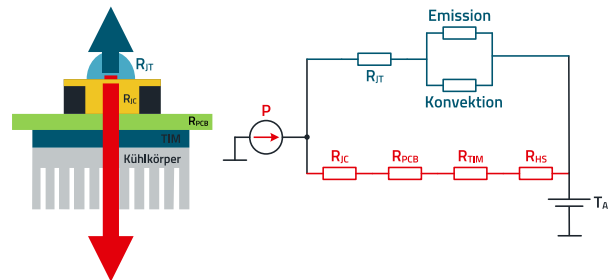


Abbildung 5: Wärmeberechnung unter Berücksichtigung der Verlustleistung durch Kühlkörper und Gehäuse.

In diesem Beispiel führen wir eine statische Analyse von Bauteil B in Szenario 2 durch. Bei diesem tritt eine Verlustleistung von 2,5 Watt als Wärmeverlust auf, und es besteht ein Wärmewiderstand von 1 K/W zwischen Sperrschicht und Gehäuse. Damit liegen nun die meisten Informationen vor, die wir brauchen, um die Sperrschichttemperatur unseres Bauteils zu berechnen.

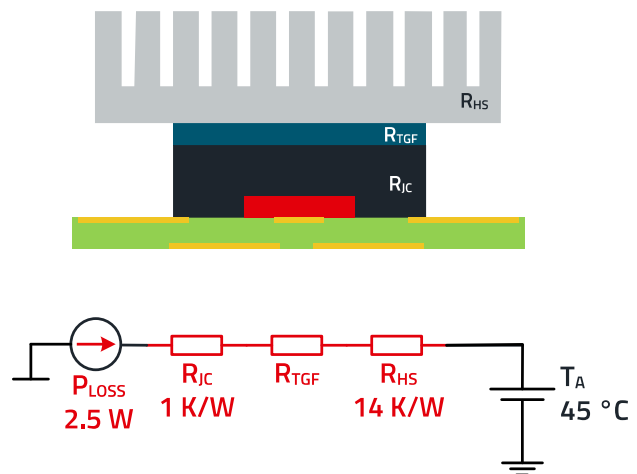


Abbildung 6: Wärmewiderstandsnetzwerk.

Unsere Konstruktion sieht vor, dass wir einen Spalt von ca. 2 mm füllen müssen. Jetzt können wir verschiedene WE-TGF-Optionen prüfen, um die optimale Lösung zu finden, mit der wir die Sperrschichttemperatur unserer Bauteile innerhalb der Betriebsgrenzen halten können. Sie können den Wärmewiderstand des Pads wie folgt berechnen, wenn Sie die Wärmeleitfähigkeit (λ), die Stärke (L) und die Kontaktfläche (A) kennen.

$$R_{th-TIM} = \frac{L}{\lambda \cdot A} \left(\frac{K}{W} \right) \quad (1)$$

Da wir die Oberfläche unseres Bauteils, die Stärke und die Wärmeleitfähigkeit von WE-TGF kennen, können wir den Wärmewiderstand eines Pads mit $1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ berechnen:

$$R_{\text{th-TIM}} = \frac{0.002 \text{ m}}{1 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \cdot 0.0006 \text{ m}^2} = 3.3 \frac{\text{K}}{\text{W}} \quad (2)$$

Jetzt wissen wir alles Notwendige, um die Sperrschichttemperatur unseres Bauteils unter den Bedingungen zu bestimmen.

$$T_2 = P_{\text{LOSS}} \cdot R_{\text{th}} + T_1 \quad (3)$$

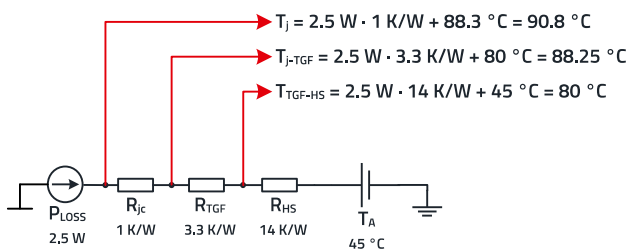


Abbildung 7: Berechnung der Sperrschichttemperatur.

Die resultierende Sperrschichttemperatur von $90,8 \text{ °C}$ in unserem Bauteil liegt deutlich innerhalb seiner maximalen Betriebstemperatur. Durch Wiederholen der Berechnungen mit verschiedenen WE-TGF-Leitfähigkeitswerten können wir die Sperrschichttemperatur abschätzen und feststellen, ob wir die kostengünstigste Lösung ausgewählt haben.

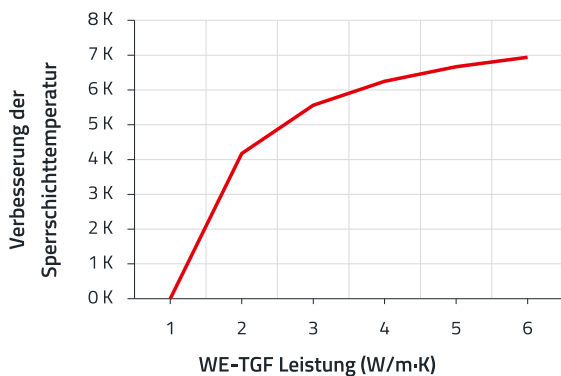


Abbildung 8: Verbesserung der Sperrschichttemperatur basierend auf der Leistung von WE-TGF.

In Abbildung 8 können wir beobachten, dass die Verbesserung der Sperrschichttemperatur auf der Grundlage der Leistung von WE-TGF für diese Anwendung bis zu $3 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ deutlich spürbar ist. Daraus lässt sich schließen, dass WE-TGF mit $3 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ die optimale TIM-Auswahl ist. Die Verwendung eines leistungsfähigeren TIM (Thermal Interface Material) ist angesichts der geringen Senkung der Sperrschichttemperatur keine kosteneffiziente Lösung. Wenn wir die

Sperrschichttemperatur weiter senken wollten, wäre es sinnvoller, statt eines leistungsfähigeren TIM einen effizienteren Kühlkörper zu nutzen.

Wenn wir eine eingehendere Analyse der Lösung mit $3 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ durchführen möchten, die einen geschätzten Wärmewiderstandswert von $1,1 \text{ K/W}$ hat, dann könnten wir auch die in Abbildung 9 gezeigten Werte der Wärmeimpedanz heranziehen, die sich aus Messungen gemäß der Norm ASTM D5470 ergeben. Weitere Informationen zur Messanordnung finden Sie im Anhang 0.

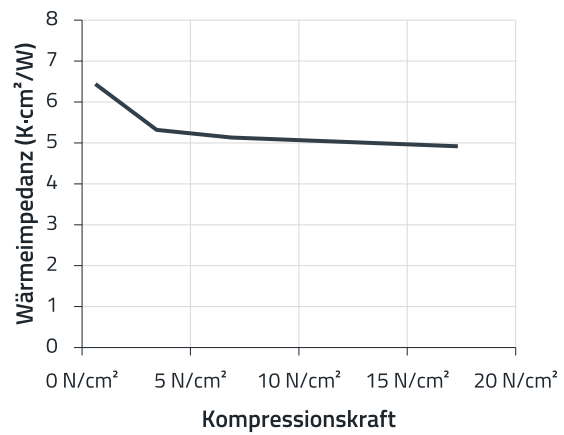


Abbildung 9: Wärmeimpedanzwerte nach ASTM D5470.

Bei einer Kompressionskraft von $6,89 \text{ N/cm}^2$ ergibt sich ein Impedanzwert von $5,1 \text{ K}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$. Ausgehend von unserer Bauteiloberfläche, die in diesem Beispiel 6 cm^2 beträgt, können wir unsere endgültige Wärmeimpedanz berechnen:

$$R_{\text{th-TIM}} = \frac{5.1 \frac{\text{K}\cdot\text{cm}^2}{\text{W}}}{6 \text{ cm}^2} = 0.85 \frac{\text{K}}{\text{W}} \quad (4)$$

Offensichtlich gibt es einen geringen Unterschied zwischen dem berechneten und dem gemessenen Wärmewiderstand. Der Grund hierfür ist, dass die Messung unter Kompression durchgeführt wird. Wärmeimpedanzmessungen stellen auch den Wärmewiderstand sowie die Wärmekapazität des Materials dar. Daher können wir die Messung der Wärmeimpedanz als praxisnäheren Wert betrachten.

Wärmeübertragungssimulationen

Bei den aktuellen Trends im Elektronikdesign ist die Leistungsdichte auf einer Platine recht hoch. Diese Dichte beeinflusst die Interaktion von Wärmequellen untereinander und erschwert Analysemodelle wie das im vorherigen Abschnitt vorgestellte. Hier kommen elektronische Wärmesimulatoren ins Spiel, die mehr Effekte erster und

zweiter Ordnung einbeziehen und Ergebnisse liefern, die näher an einer experimentellen Messung liegen.

Würth Elektronik stellt die Wärmemodelle für ANSYS der WE-TGF-Serie zur Verfügung, die kostenlos aus dem Onlinekatalog heruntergeladen werden können.

Validierung durch Prototypenentwicklung

Der letzte Schritt bei jeder thermischen Konstruktion ist die Validierung mittels Prototypen. Es wird empfohlen, Wärmetests unter verschiedenen Betriebsbedingungen durchzuführen, einschließlich Temperatur- und Lastschwankungen. In Abbildung 10 sehen wir eine ANSYS Icepak-Wärmestromsimulation mit WE-TGF in Blau und WE-PCM in Gelb, die die Wärmequellen und einen Kühlkörper in Rot miteinander verbinden. Die Wärmeleistung kann mithilfe von Wärmebildern oder Thermoelementen bewertet werden.

4. ANBRINGUNG UND HANDHABUNG

Die korrekte Anbringung von elastomeren Pads ist entscheidend für die optimale Wärmeleistung und langfristige Zuverlässigkeit elektronischer Geräte. Bei der Montage ist unbedingt darauf zu achten, dass die Pads sauber sind und korrekt an den zu kühlenden Komponenten ausgerichtet werden. Die korrekte Ausrichtung garantiert maximalen Oberflächenkontakt und minimiert den Wärmewiderstand. Zudem ist es beim Anbringen der Pads wesentlich, einen angemessenen Druck auszuüben. Dieser sorgt für die

Vermeidung von Lufteinschlüssen und gewährleistet eine feste Verbindung zwischen Pad, elektronischem Bauteil und Kühlkörper. Allerdings sollte übermäßiger Druck vermieden werden, da dies bei der Arbeit mit einem Silikonpad zu einer Verformung oder Beschädigung des Pads oder zum Austreten von Silikonöltröpfchen führen kann.

Um eine korrekte Anwendung zu gewährleisten, werden die folgenden Schritte empfohlen:

1. Die Oberflächen von Komponente und Kühlkörpern müssen sauber und trocken sein. Es wird empfohlen, Isopropylalkohol mit einem fusselfreien Tuch oder Tupfer aufzutragen, um Partikel auf den Kontaktflächen zu entfernen.
2. Entfernen Sie das Pad von der Matrix und legen Sie es auf das Bauteil. Wenn das Produkt ein Glasfasergewebe umfasst, stellen Sie sicher, dass dessen Oberfläche zum Kühlkörper weist.
3. Entfernen Sie die verbliebene Schutzfolie, bevor Sie die Kühlbaugruppe installieren.
4. Wenden Sie den empfohlenen Druck an.

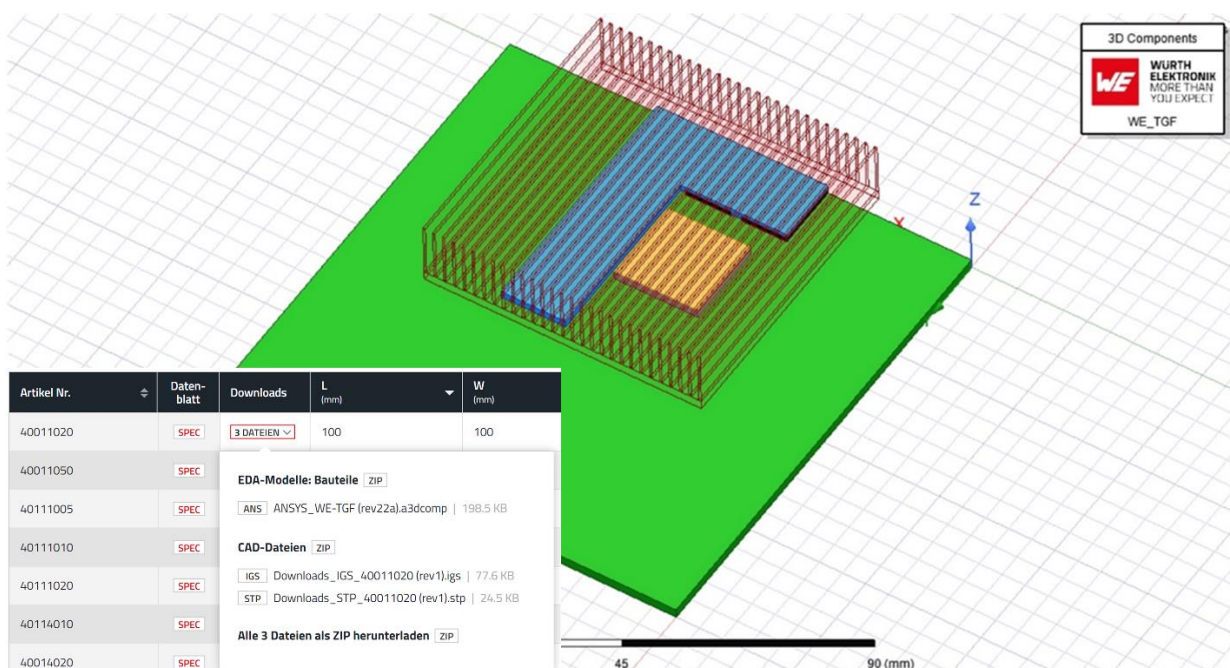


Abbildung 10: ANSYS-Simulation mit WE-TGF.

Schneiden

Um das WE-TGF an Ihre Anwendung anzupassen, kann es mit einem scharfen Gegenstand in jede beliebige Form geschnitten werden. Vom Laserschneiden wird abgeraten, da dies die Wärmeleistung des Pads beeinträchtigen kann, weil es im Bereich der Kanten härter wird.

Kompression

Als Faustregel gilt, dass eine Kompression zwischen 10 und 30 % der Dicke des Pads empfohlen wird. Dies hängt von der Dicke des Produkts ab. Dünnere Pads lassen sich schwerer zusammendrücken. Im Allgemeinen gewährleistet eine Kompression von $6,9 \text{ N/cm}^2$ (10 PSI) eine gute Wärmeleistung.

Nacharbeit

Die Pads sind für den einmaligen Gebrauch bestimmt. Durch Nacharbeiten können sich Fremdkörper an den Kontaktflächen festsetzen, die die Wärmeleistung des Pads beeinträchtigen.

5. ÄNDERUNGS- UND MUSTERENTWICKLUNGSSERVICE

Würth Elektronik bietet einen Formänderungsservice an, der Sie beim gesamten Vorgang von der Mustererstellung bis zur Fertigung unterstützt. Hierfür gilt weder eine Mindestbestellmenge, noch fallen Rüstkosten an.

Modifizierte Formen werden durch stanzloses Schneiden hergestellt. Bei diesem Verfahren schneidet ein Messer durch die obere Schutzfolie und das Material selbst, sodass der untere Träger als Padträger intakt bleibt. Durch das stanzlose Schneiden können die Teile als Bogen ausgeliefert werden.

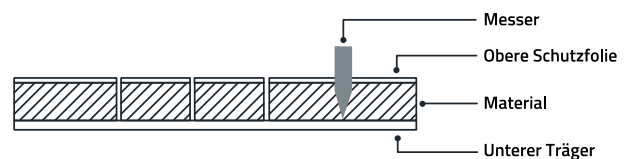


Abbildung 11: Stanzloses Zuschneiden von Teilen.

Wenden Sie sich unter Angabe der folgenden Informationen an Ihren Ansprechpartner bei Würth Elektronik. Sie erhalten dann ein individuelles Angebot:

- Gewünschte Wärmeleitfähigkeit
- Spalthöhe
- Anzahl der benötigten Teile
- Technische Zeichnung des gewünschten Teils
- Jegliche Sonderwünsche, die Sie haben

A. Anhang

A.1 Wärmeleistung

Elastomere Pads leiten Wärme durch eine Kombination aus Wärmeleitfähigkeit und physischer Formanpassungsfähigkeit.

Die **Wärmeleitfähigkeit** ist eine grundlegende Werkstoffeigenschaft, die beschreibt, wie gut ein Material Wärme leitet. Sie beziffert das Maß, in dem Wärmeenergie durch ein Material pro Flächeneinheit und pro Einheit des Temperaturgefälles übertragen wird. Einfacher ausgedrückt spiegelt die Wärmeleitfähigkeit die Fähigkeit eines Materials wider, Wärme von einer Oberfläche zur anderen zu leiten oder zu übertragen.

Wenn ein Material einem Temperaturgefälle ausgesetzt ist (d. h. eine Seite ist heißer als die andere), fließt die Wärme normalerweise von der heißeren zur kühleren Region. Wie schnell diese Wärmeübertragung stattfindet, hängt von der Wärmeleitfähigkeit des Materials ab. Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit ermöglichen eine schnelle Wärmeübertragung, während solche mit geringer Wärmeleitfähigkeit den Wärmefluss behindern und somit gute Isolatoren darstellen.

Die Wärmeleitfähigkeit eines Materials wird üblicherweise in der Einheit Watt pro Meter und Kelvin (W/m·K) ausgedrückt. Mathematisch lässt sie sich wie folgt darstellen:

$$\lambda = \frac{Q \cdot L}{A \cdot (T_2 - T_1)} \quad (5)$$

Hierbei gilt:

- λ ist die Wärmeleitfähigkeit des Materials (W/m·K)
- Q ist die Wärmeleistung (W)
- L ist die Materialstärke (m)
- A ist die Fläche (m²)
- $T_1 - T_2$ ist die Temperaturdifferenz zwischen zwei Oberflächen (K)

Die **physische Formanpassungsfähigkeit** von WE-TGF ist durch seine elastomere Beschaffenheit gegeben, sie ermöglicht es ihm, sich an Oberflächenunregelmäßigkeiten sowohl des Bauteils als auch des Kühlkörpers anzupassen. Diese Anpassungsfähigkeit gewährleistet einen sehr engen Kontakt und reduziert den Wärmewiderstand an der Grenzfläche. Wenn das Pad zwischen dem Bauteil und der Kühlbaugruppe zusammengedrückt wird, füllt es mikroskopisch kleine Spalten und Luftporen und bietet so

einen Pfad mit geringem Wärmewiderstand, durch den die Wärme fließen kann.

Ein weiterer Faktor, der die Leistung der Pads beeinflusst, ist der Temperaturunterschied zwischen der Wärmequelle und der Umgebung. Die Verringerung des Wärmewiderstands durch die Verwendung eines leistungsfähigeren Pads in einer Anwendung, bei der der Temperaturunterschied gering ist, hat keine Auswirkungen auf die Kühlung des Gesamtsystems.

Wärmebeständigkeit und -widerstand

Silikonelastomerpads zeichnen sich auch durch ihre Wärmebeständigkeit aus. Diese gibt an, wie stark sie die Wärmeübertragung bei einer bestimmten Temperaturdifferenz hemmen. Die Wärmebeständigkeit ist eine Werkstoffeigenschaft und bezieht sich auf die Fähigkeit des jeweiligen Materials, dem Wärmefluss zu widerstehen. Sie ist analog zum elektrischen Widerstand in Schaltkreisen. Genauso wie der elektrische Widerstand den Stromfluss begrenzt, begrenzt die Wärmebeständigkeit den Fluss der Wärmeenergie.

Die Wärmebeständigkeit ist der Kehrwert der Wärmeleistung:

$$R = \frac{T_2 - T_1}{Q} \quad (6)$$

Hierbei gilt:

- R ist die Wärmebeständigkeit (K/W)
- $T_2 - T_1$ ist die Temperaturdifferenz zwischen zwei Oberflächen (K)
- Q ist die Wärmeleistung (W)

Der Wärmewiderstand wird hingegen von verschiedenen Faktoren beeinflusst, darunter die Dicke des Pads, dem Druck und der Betriebstemperatur. Dickere Pads weisen aufgrund des größeren Materialvolumens für die Wärmeleitung im Allgemeinen einen höheren Wärmewiderstand auf. Bei der Montage ist es wichtig, angemessenen Druck auszuüben, da dies den Wärmewiderstand am TIM verringert, indem der Oberflächenkontakt zwischen dem Pad und den Bauteilen maximiert wird. Wenn dies auf den Bereich der thermischen Grenzflächenmaterialien angewendet wird, bedeutet ein geringerer Wärmewiderstand, dass das Bauteil mehr Wärme an die Umgebung abgeben kann.

Wärmeimpedanz

Die Wärmeimpedanz ist der Temperaturgradient pro Einheit des Wärmestroms, der ein Material durchfließt. Somit kann

sie als Widerstand des Materials gegen den Wärmeenergiefluss pro cm^2 definiert werden. Bei einer Wärmeimpedanz von $0,5 \text{ K}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$ bedeutet dies, dass für jedes Watt an durch ein Pad mit einer Fläche von einem Quadratzentimeter abgeleiteter Leistung ein Temperaturunterschied von $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ zwischen den Kontaktflächen besteht. Dieser Wert wird von Würth Elektronik intern gemäß der Norm ASTM D5470 gemessen.

Sie wird als Wärmebeständigkeit pro Fläche in $\text{K}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$ ausgedrückt:

$$Z = \frac{T_2 - T_1}{Q/A} = R \cdot A \quad (7)$$

Hierbei gilt:

- Z ist die Wärmeimpedanz ($\text{K}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$)
- R ist der Wärmewiderstand (K/W)
- $T_2 - T_1$ ist die Temperaturdifferenz zwischen zwei Oberflächen (K)
- Q ist die Wärmeleistung (W)
- A ist die Fläche (cm^2)

Eine niedrigere Wärmeimpedanz weist auf eine bessere Reaktionsfähigkeit bei Temperaturänderungen hin. Sie gewährleistet eine schnelle Ableitung von Wärmespitzen und sorgt für stabile Betriebstemperaturen. In Abbildung 12 sind die Wärmeimpedanzwerte von 2 mm Pads mit Wärmeleitfähigkeitswerten von 1 bis $6 \text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ dargestellt. Die Abbildung belegt die Beziehung zwischen der Wärmeimpedanz, der Wärmeleitfähigkeit der Pads und der Kompressionskraft eindeutig. Je größer die Wärmeleitfähigkeit, desto geringer die Wärmeimpedanz. Auch die Druckkraft trägt zur Verringerung der Wärmeimpedanz bei, allerdings ist ihr Einfluss relativ begrenzt.

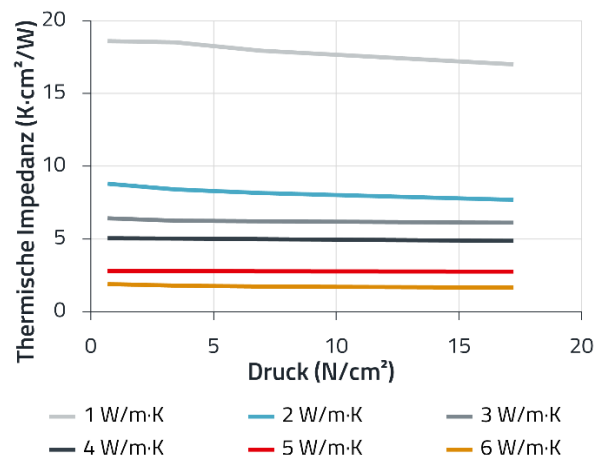


Abbildung 12: Wärmeimpedanz von WE-TGF-Pads unterschiedlicher Leistung mit einer Dicke von jeweils 2 mm.

A.2 Aufbau für die Wärmemessung

Alle in dieser Richtlinie genannten thermischen Parameter wurden intern gemäß dem ASTM-Standardtestverfahren D5470 für die Wärmeleitfähigkeitseigenschaften von wärmeleitenden elektrischen Isoliermaterialien ermittelt.

Die Norm legt den Schwerpunkt auf stabile Wärmeübertragungsbedingungen. Während des Tests wird eine konstante Wärmequelle auf der einen Seite des TIM-

Probekörpers (thermisches Grenzflächenmaterial) angelegt, während eine Kühlvorrichtung für eine Temperaturdifferenz sorgt, um einen Wärmefluss durch das zu testende Material zu erzeugen. Diese in Abbildung 13 gezeigte Anordnung ermöglicht die Messung der Wärmeleitfähigkeit und -impedanz unter verschiedenen Temperatur- und mechanischen Bedingungen.

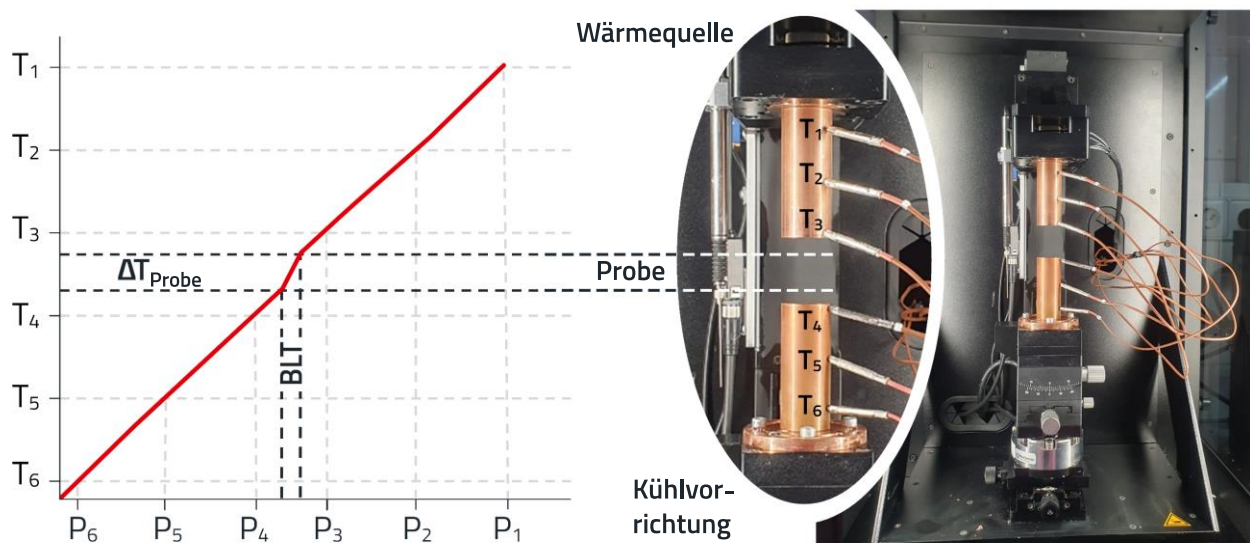


Abbildung 13: Testaufbau nach ASTM D5470.

WICHTIGER HINWEIS

Dieses Benutzerhandbuch basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten

werden hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfällen ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS



Application Notes
www.we-online.com/app-notes



REDEXPERT Design Plattform
www.we-online.com/redexpert



Toolbox
www.we-online.com/toolbox



Produkt Katalog
www.we-online.com/produkte

CONTACT INFORMATION



appnotes@we-online.com
Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG
Max-Eyth-Str. 1 · 74638 Waldenburg
Germany

www.we-online.com